

## 【基盤研究(S)】

理工系(工学II)



### 研究課題名 多階層複雑・開放系における粒子循環の物理とマクロ制御

九州大学・応用力学研究所・教授 **ずし ひでき**  
**図子 秀樹**

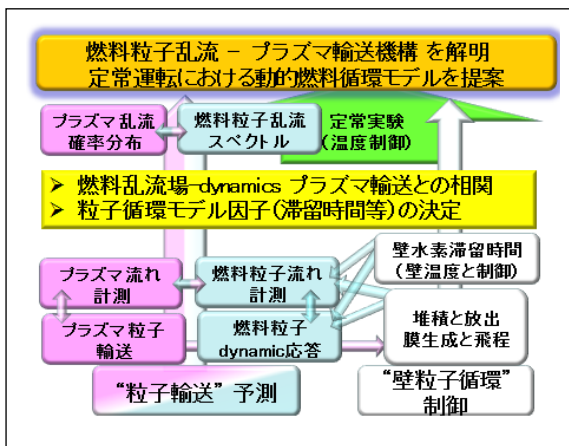
研究分野: 工学、総合工学、核融合学

キーワード: プラズマ・壁相互作用、核融合炉の定常運転、多階層複雑・開放系

#### 【研究の背景・目的】

半世紀を経た核融合炉開発研究は国際熱核融合炉 ITER の建設・実験を経てエネルギー生成源としての核燃焼物理と工学の検証段階へと進展している。燃料注入と燃焼制御、He 生成と燃焼維持、He 灰の排出などの核燃焼物理の理解と制御性の確認が予定されている。核融合炉が基幹エネルギー源としての役割を果たすには、”定常運転”が前提であるが、これまで世界中の大型核融合実験装置で10分を超える運転実績はなく、ITERでも400秒が当面の目標である。パルス運転では問題とならない燃料粒子の系内での循環制御が定常運転では第1議的な研究課題となる。

本研究では核融合炉を構成する3つの系(炉心プラズマ CORE、周辺プラズマ SOL、第一壁 HW)における、燃料粒子循環の各系素過程と系間相互作用の解明、循環モデル、全系粒子循環制御により、炉の定常運転のための基礎構築を目的としている。これらの粒子循環制御は正負の排気速度を示す壁と外部排気装置のために外部開放・複雑系を成している。この研究のために”多階層複雑・開放系における粒子循環物理とマクロ制御”という観点を導入し、3つの系が入れ子状の複雑系を構成し、各々の系内の粒子循環と系間の相互干渉過程の解明が系全体の粒子循環マクロ制御の鍵であるという立場で研究を進める。



#### 【研究の方法】

温度制御可能な第1壁(HW)をプラズマ実験装置 QUEST に設置し、300-500°C で温度制御することにより壁での粒子循環時定数の短時間化と循環拘束化を試みる。HW は2ヶ年かけて整備し、3つのステップ,1) HW (~100 °C)+パルス運転, 2) HW(100 °C

<温度制御無し)+連続運転,3)HW 温度制御(300-500 °C)+冷却系+連続運転、をへて放電管全系の熱収支を確認する。熱バランスのとれた系における粒子循環のもとで、①壁温度に対する壁吸蔵・放出特性遷移、②plasma 運転時間の長時間化や中性粒子密度の時間発展に伴う blob 動特性の変化、③中心ピーク分布形成・維持を調べる。これら3つの系の相互干渉性の定量化は HW 温度、放電時間、壁近傍の中性粒子束や空間分布の関数として指標化し、そのために SOL/Core 部の揺動や速度場計測は高速カメラ、超多点計測により広域の2次元データとして取得する。こうしたデータを活用し全系での循環モデルを構築する。

#### 【期待される成果と意義】

近年マクロ、メゾ、ミクロの多階層構造による自然認識のモデルが成功を収めつつある。しかしながら、開放粒子循環系である核融合炉エネルギー生成システムの制御に関しては、入れ子状の多階層構造を持つ複雑系として新たに問題を設定すべきであり、異なる階層構造間の相互干渉性を抽出するモデルに従っていかに安定にマクロ系(定常密度運転)を維持・制御するかということに取り組むべきである。個別の時空スケールで特徴づけられる複雑系が複数入れ子状に構成された系を外部に開放されている最外領域で強く拘束することにより、システムの安定化が図れるか否かという課題に取り組むことで、定常炉の実現に学術的な立場で貢献する。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- H.Zushi, et al., "Steady-state tokamak operation, ITB transition and sustainment, ECCD experiments in TRIAM-1M", Nucl. Fusion, **45** (2005) 1-15  
H.Zushi, et al., "Active particle control experiments and critical particle flux discriminating between the wall pumping and fuelling in CPD tokamak", Nucl. Fusion, **49** (2009) 055020 (9pp)

#### 【研究期間と研究経費】

平成 24 年度-28 年度  
154,800 千円

#### 【ホームページ等】

<http://www.triam.kyushu-u.ac.jp/QUEST-PJ/index.html>  
zushi@triam.kyushu-u.ac.jp